

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЯЗИ ПРЕДЕЛА ТЕКУЧЕСТИ СО СТРУКТУРНЫМИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Al – Zn – Mg – Cu

Хомутов М.Г.

Руководители – к.т.н. Солонин А.Н., к.т.н. Чурюмов А.Ю.

«НИТУ «МИСиС», г. Москва, khomutov.mg@gmail.com

Современный темп развития промышленности, авиационных и аэрокосмических технологий, машиностроения предъявляет все более высокие требования к конструкционным материалам, поэтому разработке качественно новых материалов и оптимизации структуры и свойств уже разработанных сплавов в настоящее время посвящено большое количество исследований. В связи с этим за последнее столетие получено огромное количество экспериментальных данных, которые требуют объединения и определенной систематизации.

Механические свойства алюминиевых сплавов в значительной мере специфичны для каждой системы легирования и состояния сплавов, в котором они определяются (литого или термически обработанного по разным режимам и схемам). Такая специфика обусловлена существенными различиями фазового состава и структуры сплавов разных систем. Как известно, такой простой вид термообработки закаленных алюминиевых сплавов, как старение (естественное или искусственное), может существенно повысить их прочностные характеристики.

Построение математических зависимостей свойств сплавов от состава и структуры позволит в значительной мере упростить разработку и оптимизацию новых материалов. Но создание подобных моделей невозможно без детального изучения кинетики процессов и структурных изменений, протекающих во время старения или деформационного упрочнения сплавов.

Основной целью настоящей работы является построение моделей расчета предела текучести алюминиевых сплавов по структурным и технологическим параметрам.

Для достижения этой цели в работе необходимо решить следующие задачи:

1. Определить количественные зависимости влияния основных структурных и технологических параметров на прочностные свойства алюминиевых сплавов.
2. На основе полученных зависимостей построить математические модели для расчета предела текучести сплавов системы Al–Zn–Mg–Cu после термической обработки.

В качестве объектов исследования использовали модельные сплавы на основе систем Al–Zn, Al–Zn–Mg и Al–Zn–Mg–Cu с разным содержанием легирующих элементов.

Предел текучести алюминиевого твердого раствора определяется следующими характеристиками: концентрацией твердого раствора, размером зерна, плотностью дислокаций и характеристиками образующихся при старении дисперсных частиц.

В результате выполнения работы была разработана методика построения моделей эволюции структуры и свойств сплавов в процессе термической обработки с использованием измерения электрического сопротивления и термодинамических расчетов линии сольвуса сплава. Основные пункты этой методики:

- определение эффективной энергии активации распада пересыщенного твердого раствора с использованием обработки результатов дифференциальной сканирующей калориметрии.
- получение экспериментальных данных по изменению электрического сопротивления в процессе низкотемпературного старения;
- получение на основе этих данных кинетических параметров старения (коэффициентов в уравнении Аврами);
- расчет параметров структуры (сравнение их с экспериментальными данными, полученными методами просвечивающей электронной микроскопии);
- расчет прочностных свойств сплавов по известным физическим моделям связи прочности и структурных характеристик продуктов распада пересыщенного твердого раствора.
- проверка полученной модели по экспериментальным данным прочностных свойств.

В результате выполнения работы получили следующие результаты:

1. Разработана модель предела текучести сплавов системы Al – Zn – Mg – Cu в состаренном состоянии. Модель показала высокую точность (ошибка не превышает 10 %) при соотношении массовых концентраций цинка к магнию около 2. Проведен расчет предела текучести и размера частиц продуктов старения для двухступенчатого старения сплава рассматриваемой системы. Расхождение расчетных и экспериментальных данных не превышает 10 %, что говорит о достаточной универсальности модели.

2. Разработана методика построения моделей эволюции структуры и свойств сплавов в процессе термической обработки с использованием измерения электросопротивления и термодинамических расчетов линий сольвусов сплавов.

3. В результате выполнения работы была расширена область применения разработанной ранее на кафедре металловедения цветных

металлов «НИТУ «МИСиС» интерактивной базы данных «MechPro»: появилась возможность проводить расчет предела текучести сплавов системы Al – Zn – Mg – Cu в закаленном искусственно состаренном состоянии.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы.